

公路交通工程路面养护工程病害成因及处治研究

徐晓丽

湖北利民建设工程咨询有限公司, 湖北省襄阳市, 441021;

摘要: 公路路面病害的形成具有多因素叠加特征, 其中气候变化、材料与施工质量以及交通荷载是最主要的影响因素。本文以一级和二级公路为研究对象, 从温度变化、降水与湿度入手分析气候对路面老化与疲劳损伤的加速作用, 并从材料性能差异、施工质量波动和长期老化过程探讨路面结构劣化的内在机制。此外, 交通荷载在普通公路上的表现更为复杂, 重复应力、车辙发展、行驶速度变化及层间结合失效均会导致病害加速扩展。针对这些问题, 本文提出了定期检查、预防性养护、稀浆封层、密封剂处理等多类处治方法, 同时强调动态监测与现代化材料的重要性。

关键词: 公路路面养护; 病害成因; 预防性养护; 处治技术

DOI: 10.69979/3029-2727.26.02.007

引言

公路路面作为道路工程中承担交通荷载的直接工作层, 其性能变化对通行安全与服务质量具有决定性影响。一级和二级公路由于地理跨度大、气候变化快、材料来源多样且交通组织复杂, 因此更易受到环境作用、材料老化及荷载变化的综合影响, 病害类型呈现多样化特征。随着运营年限增长, 裂缝、车辙、坑槽及结构疲劳等病害逐步显现, 对路面功能产生直接冲击, 使得养护压力不断增大。在日常监理与试验检测工作中也可观察到材料性能偏差、施工质量波动与结构老化之间的关联性。

1 公路交通工程路面养护工程病害成因

1.1 气候变化

温度变化是导致路面结构早期损伤的主要气候因素之一。沥青路面具有明显的温度敏感性, 高温会降低沥青结合料的黏度, 使路面承载能力下降, 易形成车辙和推移; 低温则会增加沥青的脆性, 导致横向裂缝、网裂等病害加速发展。一级和二级公路多穿越城乡结合部和丘陵地带, 昼夜温差大时, 更容易出现热胀冷缩反复循环, 使结构层疲劳累积。水泥混凝土路面在低温收缩时也常产生板块裂缝和接缝张开, 对运行安全造成影响。

1.1.2 降水

降水是影响路面耐久性的关键水分因素, 尤其在多雨地区的一级和二级公路更为明显。雨水易通过裂缝、接缝和松散部位渗入面层和基层, 使沥青结合料剥落、细集料流失, 从而形成松散、坑槽或水损害。对水泥混

凝土路面而言, 雨水可能导致接缝部位脱空、板块错台甚至边角断裂。长期积水还会降低基层强度, 使路面结构在车辆荷载作用下产生变形。

1.1.3 湿度

湿度变化直接影响路面材料的含水状态, 从而引起结构性能变化。沥青路面中的集料与结合料在高湿环境下更容易发生黏附性下降, 出现剥落或松散; 水泥混凝土路面在高湿条件下则可能出现水化不充分或后期吸水膨胀, 使板块结构耐久性降低。一级和二级公路常靠近农田、水塘或低洼区, 空气湿度长期偏高, 对路面基层和底基层影响更为显著, 使其承载力下降并加速疲劳损伤。监理工作中常通过含水率、湿度记录与弯沉检测反映湿度变化对结构性能的影响, 因此湿度环境必须纳入长期养护管理体系。

1.2 材料与施工因素

1.2.1 特性材料影响

材料自身性能直接决定路面的耐久性与抗病害能力。沥青混合料若含油量偏高易产生推移和泛油, 含油量不足则易产生裂缝和松散。集料的抗滑性能、坚固性和级配稳定性也影响路面整体强度。水泥混凝土材料中水胶比、砂率与外加剂类型差异, 会导致抗裂性能与抗冻融能力不同。一级和二级公路因材料来源多样, 质量波动较大, 更容易出现材料一致性不足的问题。试验检测中常发现材料指标偏差与后期病害具有明显相关性, 因此材料特性是必须严格把控的关键因素。

1.2.2 施工质量

施工质量是决定路面病害早期暴露程度的核心因

素,尤其在普通公路项目中更为关键。压实度不足、温度控制不当、摊铺厚度偏差以及接缝处理不规范,是监理与检测工作中最常见的问题。沥青面层若在低温下摊铺,容易出现碾压不密实、空隙率偏大,从而加速老化和裂缝产生。而高温摊铺若冷却不均,则易形成低稳定性区,后期出现车辙。水泥混凝土路面在施工中若振捣不足或养护不及时,板块内部容易产生蜂窝或微裂缝,为后期断裂埋下隐患。因此,施工工艺直接关系路面寿命。

1.2.3 材料老化

材料老化是运营期路面病害的重要来源。沥青在紫外线、氧化和高温作用下会逐渐变硬脆化,使面层产生裂缝并失去黏结能力。水泥混凝土路面也会因长期碳化、冻融循环与磨耗作用出现表面剥落或细裂缝。一级和二级公路的养护周期较长,重载车辆比例较高,使老化速度进一步加快。试验检测工作常通过钻芯取样、小型弯曲试验和空隙率分析识别材料老化程度,因此材料老化不仅是自然作用,也是结构疲劳累积的体现,必须在养护策略中予以重点关注。

1.3 交通荷载

1.3.1 重复应力以及长期循环荷载

车辆反复通过路面时,会形成长期循环荷载,使材料内部产生累积损伤。沥青面层在循环荷载作用下会出现疲劳裂缝,基层在反复应力下逐渐压缩并产生永久变形。一级和二级公路受制于道路等级与区域分布,重载车辆对路面结构的破坏比例更高,尤其在坡道、交叉口和弯道附近更易形成局部应力集中,使损伤加速发展。

1.3.2 车辙

车辙是循环荷载作用下最常见的病害之一,表现为车轮在行车轨迹上形成的纵向凹槽。其形成主要源于材料高温稳定性不足、基层支撑力下降和长期重载车辆集中作用。一级和二级公路因夏季高温显著、重载车辆占比大,车辙问题更易提前暴露。车辙不仅影响行驶舒适性,还会在雨天造成积水,加剧材料剥落与水损害。

1.3.3 行驶速度

行驶速度不仅影响车辆对路面的冲击力,还会改变轮胎与路面间的摩擦作用机制。在低速状态下,车辆荷载作用时间较长,路面材料更易产生黏滞变形和局部压溃,而在高速状态下则更容易形成冲击荷载和表层剥落。一级和二级公路受不同路段交通特性影响,速度变化较大,对养护需求提出更高要求。监理检测中发现,弯沉增大、表面松散及微裂缝往往与速度差异相关,因此在

路面结构设计和后期养护中应充分考虑速度影响。

1.3.4 层间结合不良

层间结合不良是交通荷载作用下发生错动、推移和剥落的重要诱因。面层与下承层之间若结合剂洒布不足、施工温度不稳定或表面处理不充分,都会形成“滑动界面”,使结构在荷载作用下产生位移,进而引发裂缝、车辙和表面松散。一级和二级公路施工队伍与材料来源多样,层间结合质量波动更明显,因此在监理与检测工作中,结合层剪切强度、粘结试验和钻芯检测是判断结合质量的关键手段。

2 公路交通工程路面养护工程病害处治方案

2.1 定期检查与修复处理

定期检查与修复处理是普通公路路面养护体系中最基础但最有效的措施之一。一级和二级公路日常交通量以中短途运输与区域通行车辆为主,路面损伤发展具有累积性和周期性,因此需开展系统化巡查。巡查主要包括裂缝检查、车辙量测、沉陷观察和松散区域识别,同时结合弯沉、压实度及基层强度等数据分析结构性能变化。当裂缝尚处于微裂阶段,可采用局部填补、灌缝等方式抑制裂缝扩展;当出现早期车辙或局部脱空时,可进行铣刨加铺或面层修补,使结构恢复承载能力。监理与检测人员通过长期积累的现场经验,可及时判断病害发展趋势并制定合理修复时机,从而避免病害恶化和大范围重建。

2.2 预防性养护

预防性养护是一种以延缓路面性能衰减为核心的管理策略,其目的不是修补已出现的严重病害,而是防止病害发展及延长路面服役周期。在一级和二级公路中,由于材料老化速度较快、交通荷载不稳定,采用预防性养护具有显著经济效益。常用的预防性养护方法包括薄层罩面、灌缝处理、微表处和稀浆封层等,这些方法能够改善路面密实度、恢复结构防水能力并降低温度敏感性。预防性养护的实施应依托准确的现场评估与监理检测数据,通过掌握路面劣化趋势,选择最佳施工时机,使养护效果最大化。

2.3 病害处理关键技术

2.3.1 稀浆封层

稀浆封层是处理轻度裂缝、老化和表面粗糙的重要工艺,适用于一级和二级公路在轻中度老化阶段的养护需求。其原理是利用乳化沥青、细集料和填料形成薄层

封闭结构,使路面表层恢复密实性并提升抗滑性能。稀浆封层施工速度快,交通恢复时间短,能够有效封闭微裂缝,避免雨水进一步侵入基层。监理与检测在此过程中主要关注混合料稠度、集料级配及铺撒厚度是否满足要求,同时检查施工区域是否存在空鼓、离析或未压实现象。

2.3.2 密封剂涂抹

密封剂涂抹主要用于早期裂缝的封闭处理,其作用在于阻断水分进入结构层,从而抑制裂缝扩展和材料老化。一级和二级公路裂缝多由温度变化、材料老化或轻度疲劳引起,通常处于细小且未贯穿阶段,密封剂处理具有较高性价比。施工中需先清理裂缝,确保裂缝内部无杂质,然后采用热灌或涂抹方式使密封剂充分填充。监理与试验检测需关注密封剂黏度、柔性及耐候性等关键指标,确保其在温度变化和车辆荷载作用下仍保持良好的弹性和附着力。密封剂处理虽属于轻度养护技术,但其效果明显,可显著延长裂缝扩展周期,提高路面整体耐久性。

2.4 数据动态监测以及优化

数据动态监测是构建现代化公路养护体系的重要支撑手段,通过对路面性能指标进行连续记录与趋势分析,可对病害发展实现预测性管理。监测内容包括弯沉、车辙深度、裂缝数量、面层温度及含水量等,这些数据可通过定期检测和手工记录结合方式获取。对于一级与二级公路而言,动态监测能够在资源有限的条件下有效提升养护决策效率,使养护活动具有针对性和经济性。在分析过程中,应对数据进行时间序列比对,通过发现短期异常或长期衰减趋势判断结构性性能是否存在潜在风险。数据分析结果还可与材料性能、交通荷载及气候条件进行关联,为养护策略优化提供依据。

2.5 应用现代化材料

2.5.1 高性能沥青混合料

高性能沥青混合料通过改善矿料级配和使用更稳定的沥青结合料,使路面具备更高的抗车辙能力和抗疲劳性能,适用于交通量逐年增加的一级与二级公路。其颗粒结构更加紧密,可有效减少空隙率并提高抗水损害能力。监理与检测在应用此类材料时,可通过车辙试验、冻融劣化试验和间接拉伸试验判定其性能是否满足要求,使其在运营期保持更高的稳定性。

2.5.2 聚合物改性沥青

聚合物改性沥青通过添加 SBS 等高聚物,使沥青具备更好的弹性恢复能力,可有效应对温度变化引起的开裂问题。在温差较大的地区或弯道、坡道较多的一级与二级公路中应用较为广泛。其优点包括耐高温、抗老化和抗裂性能强。监理与检测需重点关注改性沥青的软化点、弹性恢复率以及老化前后性能变化,确保材料在长期荷载与气候作用下仍保持稳定。

2.5.3 路面快速修补材料

快速修补材料适用于坑槽、脱空、剥落等局部病害的紧急处治,能够在较短时间内恢复路面承载能力与交通功能。此类材料多采用速凝树脂、高早强混凝土或快硬沥青混合料,可在低温或潮湿条件下施工。一级和二级公路因养护资源有限、突发病害较多,快速修补材料具有明显优势。

2.5.4 红外线沥青修复技术

红外线沥青修复技术通过加热面层,使旧沥青材料重新软化并与新材料充分融合,实现无接缝修复。该技术特别适用于表层松散、小型坑槽及局部老化的处治,不会形成明显接缝,从而减少未来裂缝扩展风险。一级与二级公路养护中,由于施工条件有限,该技术具有施工快速、不扰民和经济性强等优势。监理与检测需关注加热深度、混合均匀度及再压实质量,以确保修复区域与周围结构层性能一致。

3 结语

公路路面养护是一项系统性工程,需要在材料、施工、设计、检测和养护管理等多个环节形成联动机制。一级与二级公路受地形、气候与交通组成影响较大,路面病害呈现多样化与周期性特点,因此必须强化材料性能控制、提升施工精细化管理水平,并通过动态监测及时掌握结构变化趋势。未来的路面养护应向精细化、数据化和材料高性能方向发展,使普通公路在复杂环境下仍能保持良好运行状态,为区域交通安全与经济发展提供更加坚实的保障。

参考文献

- [1] 王丽峰. 公路路面养护中稀浆封层施工技术的应用 [J]. 汽车画刊, 2025, (08): 116-118.
- [2] 王文飞. 运营高速公路路面检测数据评估与养护决策分析 [J]. 安徽建筑, 2025, 32(07): 153-155.
- [3] 余奕彬. 公路路面使用性能评价与预防性养护决策 [J]. 交通世界, 2025, (21): 86-88.